

Peramalan Harga Emas Antam Menggunakan Metode *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH)

Ihsan Fathoni Amri¹, Sofi Anggi Astuti², Indah Sulistiya³,
Andri Suherdi⁴, M. Al-Haris⁵

¹Program Studi Sains Data, Universitas Muhammadiyah Semarang, ihsanfathoni@unimus.ac.id

²Program Studi Statistika, Universitas Muhammadiyah Semarang, sofiaaggiastuti@gmail.com,

³Program Studi Statistika, Universitas Muhammadiyah Semarang, indahsulistiya07@gmail.com,

⁴Program Studi Statistika, Universitas Muhammadiyah Semarang, andrisuherdi@gmail.com,

⁵Program Studi Statistika, Universitas Muhammadiyah Semarang, alharis@unimus.ac.id

Abstract. ANTAM gold is a long-term inflation-resistant investment instrument with a low-risk profile. Socio-economic conditions greatly influence gold price fluctuations, so gold price forecasting is very important for investors to understand the dynamic of changes in gold price. This study proposes the Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) methods to model the forecasting of gold price fluctuations. The data used is ANTAM's daily gold price data for the period June 2018 – June 2023. The results show that by using the best ARIMA (0,1,1) GARCH (2,1) model, the gold price forecasting results are in the price range of Rp 947.100.

Keywords: Gold Price, Forecasting, GARCH

Abstrak. Emas ANTAM adalah instrumen investasi jangka panjang yang tahan terhadap inflasi dan memiliki profil *low risk*. Kondisi sosial ekonomi sangat berpengaruh terhadap fluktuasi harga emas, sehingga peramalan harga emas sangat penting dilakukan oleh investor untuk memahami dinamika perubahan harga emas. Penelitian ini mengusulkan metode *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) untuk memodelkan peramalan fluktuasi harga emas. Data yang digunakan adalah data harian harga emas ANTAM pada kurun waktu Juni 2018 – Juni 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan model terbaik ARIMA (0,1,1) GARCH (2,1) diperoleh hasil peramalan harga emas berada pada kisaran harga Rp 947.100.

Kata Kunci: Harga Emas, Peramalan, GARCH

1 Pendahuluan

Investasi adalah cara menghasilkan keuntungan dengan melakukan penanaman modal atau saham dengan harapan nilainya akan meningkat di masa yang akan datang [1]. Investasi terbagi menjadi tiga kategori yaitu jangka panjang, jangka menengah, dan jangka pendek. Investasi jangka panjang lebih banyak disukai oleh sebagian besar masyarakat Indonesia karena cocok bagi pemula dan dapat memberikan keuntungan yang relatif besar di masa yang akan datang. Instrumen investasi dapat berupa benda fisik atau berupa surat berharga.

Emas sebagai logam mulia telah menjadi alat tukar dalam perdagangan dan standar keuangan di setiap negara [2]. Banyaknya permintaan atau keinginan warga negara untuk memiliki logam mulia untuk dijadikan sebagai perhiasan atau sebagai tabungan menyebabkan konsistensi harga emas setiap tahunnya mengalami tren yang sangat positif. Emas memiliki tingkat risiko yang sangat rendah dan tahan terhadap inflasi sehingga dianggap menjadi pilihan yang tepat untuk investasi jangka panjang. Perkembangan zaman yang cukup pesat di sektor industri emas menghasilkan berbagai hasil dari produksi emas itu sendiri, diantaranya : emas ANTAM, emas perhiasan dan emas batangan lainnya.

ANTAM adalah singkatan dari sebuah perusahaan yaitu PT Aneka Tambang Tbk. Perusahaan ini merupakan perusahaan yang memproduksi hasil pertambangan. PT ANTAM merupakan salah satu perusahaan dengan bisnis utama berfokus pada eksplorasi, ekstraksi, pengolahan, hingga pemasaran komoditas atau produk hasil tambang. Produk logam mulia yang diluncurkan oleh PT ANTAM Tbk yang sangat populer sebagai instrumen investasi jangka panjang adalah emas ANTAM LM. Emas ANTAM banyak dijadikan pilihan untuk investasi karena memiliki kelebihan yaitu adanya *CertiCard* dan telah memperoleh akreditasi dari LBMA atau *London Bullion Market Association* sehingga terjamin kualitas keaslian dan kemurniannya. Selain itu Emas ANTAM juga merupakan instrumen investasi *low risk*, karena nilainya yang cenderung stabil dan relatif meningkat selama inflasi. Dalam melakukan investasi, pengetahuan mengenai resiko dan keuntungan harus dikuasai, agar keuntungan dari proses investasi tersebut mencapai tingkat maksimum. Risiko juga menjadi hal yang sangat penting, agar kerugian yang diterima tidak terlalu berdampak pada hasil investasi [3]. Untuk itu investor perlu melakukan *forecasting* (peramalan) harga emas dari tahun ke tahun untuk bisa mengetahui prediksi harga emas di periode waktu berikutnya.

Menurut Sudjana (1989:254) peramalan merupakan proses ilmiah untuk memprediksi besaran atau jumlah sesuatu di masa depan berdasarkan analisis data masa lampau, terutama dengan menggunakan metode statistika. Peramalan adalah proses sistematis untuk memprediksi sesuatu di masa depan berdasarkan informasi masa lampau dan kini dengan tujuan untuk menghasilkan perbedaan yang sekecil mungkin antara hasil prediksi dengan kenyataan di masa depan. Dibutuhkan data seri jangka panjang dan informasi yang memadai untuk menghasilkan peramalan yang akurat [4].

Deret waktu atau *time series*, adalah serangkaian data atau peristiwa yang tercatat dalam interval waktu tertentu. Data deret waktu memiliki karakteristik yang non linier dan non stasioner karena sebagian besar diperoleh dari proses yang bersifat stokastik atau acak [5]. Dalam memodelkan data deret waktu, asumsi harus dibuat bahwa varian residual adalah homogen. Namun, dalam praktiknya, pemodelan ARIMA atau fungsi transfer data keuangan seringkali menghasilkan residual yang variansnya heterogen menurut Rukini (2014). Oleh karena itu, diperlukan metode untuk memodelkan varian dari residual yang tidak homogen, seperti metode ARCH yang diperkenalkan oleh Engle pada tahun 1982 dan disempurnakan menjadi GARCH oleh Bollerslev pada tahun 1986 [6].

Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) dan *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) adalah salah satu metode untuk mengatasi ketidakhomogenan variansi residual dengan memodelkan variansi residualnya. Metode ARCH dan GARCH sering digunakan pada pemodelan deret

waktu keuangan karena mampu menjelaskan perilaku risiko yang bervariasi seiring berjalannya waktu dari suatu aset [7]. Metode ini dianggap efektif dalam memberikan prediksi yang akurat untuk data yang mengalami volatilitas seperti data harga emas harian.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh M. Al-Haris dkk (2020) [4] dengan menggunakan metode GARCH untuk meramalkan harga emas dihasilkan sebuah model terbaik untuk peramalan harga emas untuk 10 periode berikutnya. Di dalam penelitian ini menunjukkan penggunaan metode ARCH saja tidak cukup. Dikarenakan masih ada pengaruh terhadap galat. Kemudian dilakukan pengembangan dengan menggunakan metode ARCH-GARCH dan didapatkan pemodelan terbaik. Di penelitian lainnya yang dilakukan oleh Asriani Hasan (2019) [8] tentang peramalan harga emas menggunakan pengukuran volatilitas model GARCH dihasilkan juga pemodelan GARCH yang digunakan untuk meramalkan harga emas 30 hari kedepan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi model GARCH pada peramalan harga emas ANTAM. Dalam penelitian ini data yang digunakan mencakup periode tahun 2018 hingga tahun 2023, dengan tujuan untuk menghasilkan model terbaik dan melakukan peramalan harga emas untuk periode 30 hari ke depan.

2 Metode Penelitian

2.1 Stasioneritas Data

Untuk melihat kestasioneran data, ada beberapa cara yang dapat dilakukan yaitu [9] :

- Plot Time Series* : Dengan melihat rata-rata dan varian, kita dapat mengevaluasi kestasioneran data. Apabila rata-rata atau mean dan varian konstan selama periode tertentu, maka data dapat dianggap cenderung memenuhi stasioneritas.
- Plot ACF dan plot PACF : dapat memberikan indikasi mengenai kestasioneran data, terutama jika terdapat pola korelasi yang menunjukkan adanya dependensi terhadap pengamatan sebelumnya.
- Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test*

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^n \beta_i \Delta Y_{t-1} + e_t \quad (1)$$

Jika terbukti bahwa data penelitian tidak stasioner, langkah yang perlu dilakukan adalah melakukan *differencing* pada data hingga mencapai tingkat stasioneritas dengan tingkat orde ke-n. Jumlah proses differencing ini ditandai dengan simbol d, plot ACF dan plot PACF bisa digunakan untuk memperkirakan orde p dan q [10]. Model stasioner yang telah melalui proses differencing ini dikenal sebagai model ARIMA dengan orde (p, d, q) [11].

2.2 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARIMA merupakan model yang dilakukan pengembangan oleh George Box dan Gwilym Jenkins. Model ini juga dikenal sebagai metode Box-Jenkins, merupakan model yang sepenuhnya mengabaikan variabel bebas untuk melakukan suatu peramalan [12]. Metode ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi ketika digunakan pada data yang tidak memiliki pola musiman dan bekerja dengan baik pada data yang stasioner (tidak ada pertumbuhan atau penurunan tren yang

kelas, dengan nilai rata-rata dan nilai varians yang konstan) [13]. Model ini menggabungkan model *Autoregressive* (AR) dan *Moving Average* (MA) yang telah melalui proses *differencing* sebanyak d kali. Model ARIMA (p, d, q) dapat dinyatakan pada rumus (2).

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)e_t \quad (2)$$

Dengan

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$$

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$$

Model ARIMA berasumsi bahwa residual saling bebas dan memiliki distribusi normal dan medianya adalah nol dengan ragam data yang homogen. Untuk mengidentifikasi model ARIMA yang tepat, kita dapat menggunakan analisis plot ACF (*Autocorrelation Function*) dan plot PACF (*Partial Autocorrelation Function*) [4].

2.3 Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH)

Dalam model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) Bollerslev, varians residual tidak hanya bergantung pada residual periode sebelumnya, tetapi juga pada varians residual periode sebelumnya. Atas dasar itu, Bollerslev selanjutnya mengembangkan model ARCH yang memasukkan elemen residual dan varians residual periode sebelumnya. Maka model persamaan GARCH umumnya:

$$Z_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + e_t \quad (3)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \lambda_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (4)$$

Apabila nilai residual p periode sebelumnya (lag p unsur ARCH) dan nilai ragam residual q periode sebelumnya (lag q unsur GARCH) mempengaruhi nilai ragam residual maka model GARCH (p, q) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p e_{t-p}^2 + \lambda_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \lambda_q \sigma_{t-q}^2 \quad (5)$$

2.4 Nilai Akaike's Information Criterion (AIC)

Nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC) merupakan salah satu pertimbangan dalam pemilihan model terbaik, nilai ini diperoleh melalui metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). AIC mengukur kualitas suatu model dengan mempertimbangkan kesesuaian dengan data dan jumlah parameter yang digunakan. Perhitungan nilai AIC dapat dirumuskan sebagai berikut [14]:

$$AIC = e^{\frac{2k}{n} \sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2} \quad (6)$$

Dengan :

k = jumlah parameter dalam model regresi yang diestimasi

n = jumlah pengamatan

e = 2,718

u = sisaan (residual)

2.5 Identifikasi kesalahan peramalan dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

MAPE (Mean Absolute Percentage Error) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi peramalan, yang diungkapkan dalam bentuk persentase [11] [15]. Nilai MAPE dapat dihitung melalui rumus berikut :

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n} \right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{n} \quad (7)$$

Dengan :

X_t = Data asli pada periode t

F_t = Nilai hasil peramalan pada periode t

n = jumlah pengamatan

2.6 Sumber Data dan Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan data sekunder berbentuk data runtun waktu tentang harga emas ANTAM dalam rentang periode tahun 2018 hingga 2023. Data tersebut diperoleh dari website <https://databoks.katadata.co.id/> dengan variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu data harga emas ANTAM yang tercatat dalam periode harian.

Berikut tahapan analisis data pada penelitian ini yaitu meliputi :

1. Melakukan analisis statistik deskriptif;
2. Melakukan uji kestasioneran data;
3. Melakukan *differencing* data;
4. Mengidentifikasi model ARIMA dengan memperhatikan plot ACF dan PACF, signifikansi parameter model, serta nilai AIC terkecil ;
5. Melakukan uji diagnostik residual;
6. Mengidentifikasi model GARCH terbaik berdasarkan signifikansi parameter model dan nilai AIC terkecil;
7. Melakukan peramalan harga emas ANTAM periode 30 hari ke depan.
8. Menghitung nilai MAPE

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Statistika Deskriptif

Hasil analisis deskriptif dari data yang kita gunakan menunjukkan bahwa rata-rata harga emas ANTAM pada periode Juni 2018 sampai Juni 2023 yaitu sebesar Rp 887849.4. Dari nilai standar deviasi dapat diketahui bahwa tingkat keragaman data yaitu sebesar 129810.89. Nilai skewness menunjukkan derajat kemiringan grafik data, pada data penelitian ini diperoleh nilai skewness -0.65 yang artinya kemiringan grafik adalah ke kiri. Sedangkan untuk kurtosisnya yaitu bernilai -1.0. Grafik data harian harga emas ANTAM periode Juni 2018-Juni 2023 ditampilkan dalam bentuk time series plot seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Plot Data Harian Emas ANTAM

Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa data memiliki fluktuasi yang cenderung naik dan dapat kita pastikan bahwa data belum stasioner baik dalam rata-rata dan varians, sehingga langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian kestasioneran data melalui nilai Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test.

3.2 Uji Kestasioneran Data

Pengujian kestasioneran terhadap rata-rata menggunakan metode *Augmented Dicky Fuller* (ADF), tabel berikut menampilkan hasil pengujian terhadap rata-rata dan ragam

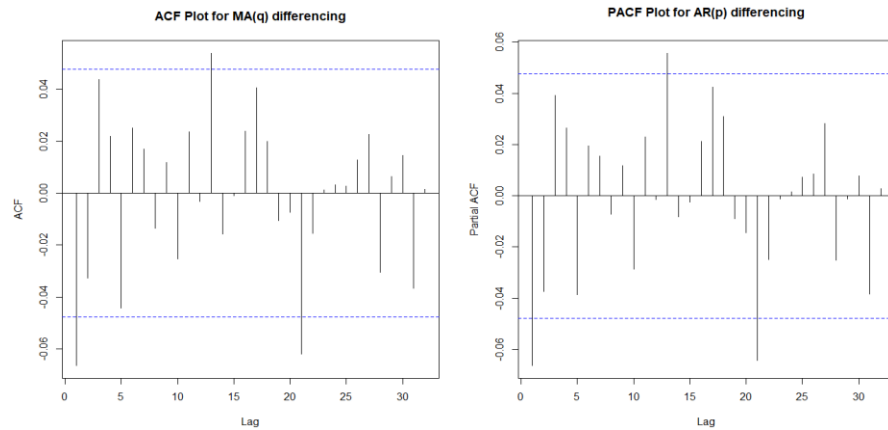
Tabel 1. Pemeriksaan Kestasioneran Data

	Sebelum <i>Differencing</i>	Sesudah <i>Differencing</i>
Data harga	Uji ADF	Uji ADF
	<i>p-value</i>	<i>p-value</i>
Harian Emas ANTAM	0.6758	0.01

Pemeriksaan kestasioneran terhadap rata-rata dapat dilihat melalui nilai *p-value* pada uji ADF. Berdasarkan tabel 1 hasil pengujian stasioneritas di atas sebelum dilakukan *differencing* diperoleh *p-value* nilai sebesar 0.6758 yang mana nilai ini lebih dari α (0.05) yang berarti bisa dikatakan bahwa data harian emas ANTAM terhadap rata-rata belum teridentifikasi stasioner, sehingga langkah selanjutnya adalah melakukan *differencing* data. Pada kolom setelah dilakukan *differencing*, diperoleh nilai *p-value* uji ADF bernilai lebih kecil dari 0,05 berarti data tersebut sudah stasioner.

3.3 Pemodelan ARIMA

Penentuan model terbaik ARIMA diperoleh dengan melihat plot ACF dan PACF seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Plot ACF PACF

Berdasarkan gambar 2 di atas diperoleh model untuk plot ACF dengan $q = 1$ dan plot PACF dengan $p = 1$ serta *differencing* $d = 1$. Sehingga diperoleh beberapa kandidat model ARIMA seperti pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Pemodelan ARIMA

No	Model ARIMA	AIC	Signifikan
1	ARIMA (0,1,1)	33937.39	Signifikan
2	ARIMA (1,1,1)	33939.00	Tidak signifikan
3	ARIMA (1,1,0)	33937.84	Signifikan
4	ARIMA (0,1,2)	27124,39	Signifikan

Pemilihan model ARIMA terbaik didasarkan pada signifikansi model dan nilai AIC terkecil sehingga diperoleh model terbaik adalah ARIMA (0,1,1).

3.4 Uji Diagnostik Residual

3.4.1 Uji Autokorelasi

Berdasarkan uji *Box L-Jung* diperoleh nilai *p-value* sebesar 0.9894 lebih dari alpha 0.05 maka dapat dikatakan bahwa sisaan antar lag tidak terdapat autokorelasi (saling bebas) sehingga asumsi ini terpenuhi.

3.4.2 Uji One Sample T- Test

Berdasarkan uji *one sample t-test* diperoleh nilai *p-value* sebesar 0.06687 sehingga dapat dikatakan bahwa nilai tengah sisaan sama dengan nol sehingga asumsi ini terpenuhi.

3.4.3 Uji Homogenitas Ragam

Uji homogenitas ragam dilakukan dengan menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM) dilakukan untuk memeriksa apakah terdapat efek ARCH pada model ARIMA yang tertera pada tabel 3.

Tabel 3. Pemeriksaan Efek ARCH

LM Test
P Value lag ke 1 adalah 9.295891×10^{-07}
P Value lag ke 2 adalah 2.083238×10^{-10}
P Value lag ke 3 adalah $3.039488e^{-18}$
P Value lag ke 4 adalah $1.998113e^{-22}$
P Value lag ke 5 adalah 1.069×10^{-21}
P Value lag ke 6 adalah 3.497256×10^{-22}
P Value lag ke 7 adalah 2.007729×10^{-25}
P Value lag ke 8 adalah 1.05228×10^{-25}
P Value lag ke 9 adalah 2.894304×10^{-25}
P Value lag ke 10 adalah 4.041289×10^{-25}
P Value lag ke 11 adalah 4.324673×10^{-28}
P Value lag ke 12 adalah 1.653784×10^{-27}
P Value lag ke 13 adalah 7.28839×10^{-28}
P Value lag ke 14 adalah 8.634527×10^{-34}
P Value lag ke 15 adalah 3.391324×10^{-33}

Berdasarkan hasil uji diperoleh nilai *p-value* sampai lag ke-15 yang didapat lebih kecil dari $\alpha = 5\%$, dapat disimpulkan bahwa terdapat unsur heteroskedastisitas pada sisaan model ARIMA (0,1,1). Oleh karena itu, dengan adanya hasil nyata pada efek heteroskedastisitas pada LM test ini selanjutnya akan dilakukan pendugaan model dengan menggunakan GARCH.

3.5 Pemodelan ARCH-GARCH

Identifikasi dan pemilihan model GARCH terbaik dapat dilihat melalui signifikansi parameter dan nilai AIC terkecil.

Tabel 4. Identifikasi model GARCH

No	Model	AIC	Signifikasi Parameter
1	ARIMA (0,1,1) GARCH (1,1)	23.57915	Signifikan
2	ARIMA (0,1,1) GARCH (1,2)	23.57724	Tidak Signifikan
3	ARIMA (0,1,1) GARCH (2,1)	23.56009	Signifikan
4	ARIMA (0,1,1) GARCH (2,2)	23.46293	Tidak Signifikan

Berdasarkan dari table 5, didapatkan model ARIMA (0,1,1) GARCH (2,1) sebagai model GARCH terbaik. Hal ini dikarenakan nilai AIC 23.56009 dan parameter yang diuji teridentifikasi signifikan. Sehingga model terbentuk sebagai berikut :

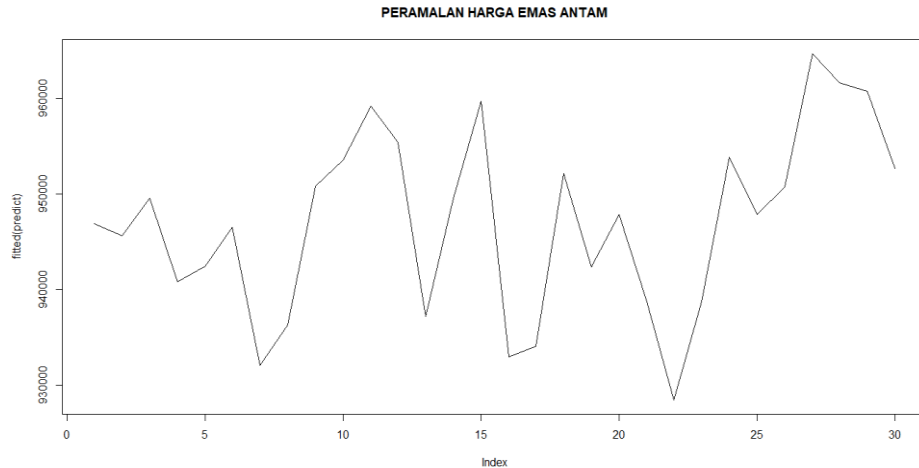
$$Z_t = 942910 + 0.91718 Z_{t-1} + 4372700 Z_{t-2} + e_t$$

dengan

$$\sigma_t = \sqrt{437270 + 0,00000001e_{t-1}^2 + 0,72049\sigma_{t-1}^2}$$

3.6 Peramalan

Peramalan dilakukan dengan model terbaik yang dihasilkan kemudian menentukan nilai ramalan dari rata-rata dan variansi dengan model tersebut. Pada gambar 3 ditunjukkan plot hasil ramalan 30 hari kedepan menggunakan mode terbaik yaitu model ARIMA (0,1,1) GARCH (2,1).



Gambar 3. Plot Hasil Peramalan

Berdasarkan plot pada Gambar peramalan harga harian emas dunia selama 30 periode ke depan berada diantara harga Rp 947100 dengan selang kepercayaan antara Rp 928440 sampai Rp 964685. Dengan nilai MAPE yang didapat dari model peramalan sebesar 10.739.

4 Kesimpulan

Berdasarkan pemodelan menggunakan metode GARCH untuk memprediksi harga emas ANTAM diperoleh model terbaik ARIMA (0,1,1) GARCH (2,1) dengan model terbentuk:

$$Z_t = 942910 + 0.91718 Z_{t-1} + 4372700 Z_{t-2} + e_t$$

$$\sigma_t = \sqrt{437270 + 0.00000001e_{t-1}^2 + 0.72049\sigma_{t-1}^2}$$

Diperoleh hasil peramalan harga emas ANTAM untuk 30 hari ke depan diperoleh kisaran harga Rp 947100 dengan selang kepercayaan antara Rp 928440 sampai Rp 964685 dan nilai MAPE model peramalan sebesar 10.739.

5 Daftar Pustaka

- [1] Ermawati, Nurzarina, and K. Nurfadila, "Pemodelan Beban Puncak Energi Listrik Menggunakan Model Gjr-Garch," *J. MSA (Mat. dan Stat. serta Apl.)*, vol. 6, no. 1, pp. 27–34, 2018, doi: 10.24252/msa.v6i1.5123.
- [2] D. N. Ahsanah, "Emas Sebagai Instrumen Investasi Jangka Panjang," *J. Kaji. Ekon. Huk. Syariah*, vol. 8, no. 1, pp. 177–187, 2022.
- [3] U. Chasanah, "Analisis Model ARIMA pada Forecasting Harga Emas di Masa Ketidakpastian Ekonomi Global (Studi Kasus PT. Aneka Tambang

Tbk),” Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, 2021.

- [4] M. Al Haris and P. R. Arum, “Peramalan Harga Emas Dengan Model Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Garch),” *J. Saintika Unpam J. Sains dan Mat. Unpam*, vol. 3, no. 1, pp. 19–30, 2020, doi: 10.32493/jsmu.v3i1.5263.
- [5] A. T. Salawudeen, M. B. Mu’azu, E. A. Adedokun, and B. A. Baba, “Optimal determination of hidden Markov model parameters for fuzzy time series forecasting,” *Sci. African J.*, vol. 16, p. e01174, 2022, doi: 10.1016/j.sciaf.2022.e01174.
- [6] P. H. RS Faustina, A. Agoestanto, “Model Hybrid ARIMA-GARCH Untuk Estimasi Volatilitas harga Emas,” *UNNES J. Math.*, vol. 6, no. 1, pp. 11–24, 2017.
- [7] P. Otto, W. Schmid, and R. Garthoff, “Generalised spatial and spatiotemporal autoregressive conditional heteroscedasticity,” *Spat. Stat.*, vol. 26, pp. 125–145, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2018.07.005>.
- [8] A. Hasan, “Peramalan harga emas menggunakan pengukuran volatilitas model GARCH,” *SEIKO J. Manag. Bus.*, vol. 2, no. 2, pp. 157–173, 2019.
- [9] A. P. Desvina and N. Rahmah, “Penerapan Metode ARCH / GARCH dalam Peramalan Indeks Harga Saham Sektor,” *J. Sains Mat. dan Stat.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2016.
- [10] F. T. A. Putri, E. Zukhronah, and H. Pratiwi, “Model ARIMA-GARCH Pada Peramalan Harga Saham PT. Jasa Marga (Persero),” *Bus. Innov. Entrep. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 164–170, Aug. 2021, doi: 10.35899/biej.v3i3.308.
- [11] A. H. Hutasuht, W. Anggraeni, and R. Tyasnurita, “Pembuatan Aplikasi Pendukung Keputusan Untuk Peramalan Persediaan Bahan Baku Produksi Plastik Blowing dan Inject Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Di CV. Asia,” *J. Tek. POMITS*, vol. 3, no. 2, p. A-169-A-174, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v3i2.8114>.
- [12] T. Nyoni, “Modeling and Forecasting Inflation in Kenya : Recent Insights From Arima and GARCH Analysis,” vol. 5, no. 6, pp. 16–40, 2018.
- [13] E. D. A. Prahastini, N. E. Chandra, and A. M. Rohmah, “Penerapan Double Exponential Smoothing Holtdan ARIMA pada Jumlah Kebutuhan GabahUD Lancar,” *UJMC (Unisda J. Math. Comput. Sci.)*, vol. 7, no. 2, pp. 31–38, 2021, doi: <https://doi.org/10.52166/ujmc.v7i2.2761>.
- [14] M. Fathurahman, “Pemilihan Model Regresi Terbaik Menggunakan Metode Akaike’s Information Criterion dan Schwarz Information Criterion,” *J. Inform. Mulawarman*, vol. 4, no. 3, pp. 37–41, 2009.
- [15] P. Y. Ping, N. H. Miswan, and M. H. Ahmad, “Forecasting malaysian gold using GARCH model,” *Appl. Math. Sci.*, vol. 7, no. 57–60, pp. 2879–2884, 2013, doi: 10.12988/ams.2013.13255.